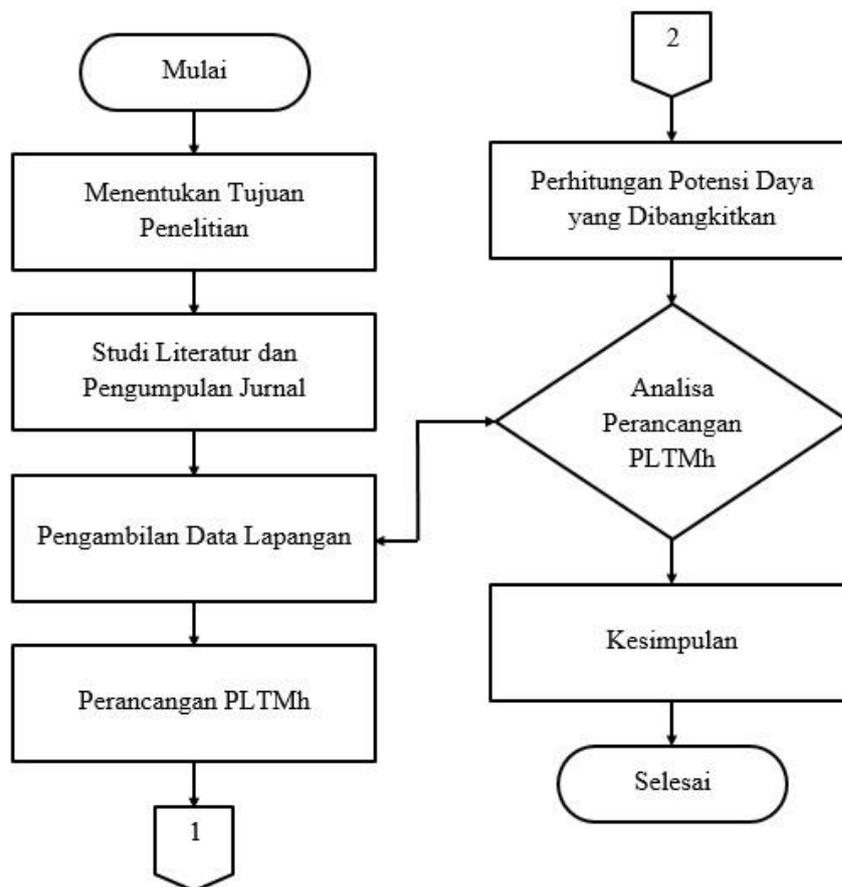


## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian

Penelitian perlu diperhatikan alur yang tertata agar mempermudah maksud dan tujuan yang akan dituju. Alur penelitian tentang Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) Di Talagakulon Kabupaten Majalengka diperlihatkan pada diagram alur penelitian yang ditunjukkan dengan gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

Berdasarkan diagram alur pada gambar 3.1 dapat dijelaskan langkah penelitian sebagai berikut:

1. Menentukan Tujuan Penelitian

Hal pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menentukan tujuan dari penelitian yang dibuat karena untuk memulai suatu penelitian dibutuhkan tujuan yang jelas. Tujuan dari penelitian ini

adalah untuk merancang PLTMh dari potensi aliran sungai Cilutung di Talagakulon Kabupaten Majalengka.

## 2. Studi Literatur dan Pengumpulan Jurnal

Dalam studi literatur dan pengumpulan jurnal, yang dilakukan adalah mencari referensi dari beberapa sumber dari *website* seperti IEEE, Google Scholar dan Google Book yang mampu menunjang penelitian dan menjadi bahan bacaan. Referensi dari jurnal yang didapat baik jurnal nasional maupun internasional berkaitan dengan pembahasan PLTMh.

## 3. Pengambilan Data Lapangan

Pada tahap ini dilakukan dengan mengunjungi sungai Cilutung di Talagakulon Kabupaten Majalengka untuk mendapatkan data-data lapangan seperti debit air, tinggi jatuh air, kedalaman sungai, kecepatan rata-rata aliran sungai, lebar sungai dan luas penampang sungai.

## 4. Perancangan PLTMh

Pada perancangan PLTMh meliputi dalam perancangan penentuan ukuran saluran *intake*, saluran pembawa, bak penenang, pipa *penstock*, jenis turbin, ukuran *pulley* dan generator.

## 5. Perhitungan Potensi Daya yang Dibangkitkan

Setelah melakukan perancang, dilakukan perhitungan potensi daya yang dibangkitkan. Potensi daya yang dibangkitkan dapat dihitung menggunakan rumus yang dipengaruhi dari topologi alam dan adapula potensi daya yang dibangkitkan menggunakan rumus yang dipengaruhi dari nilai efisiensi turbin, efisiensi transmisi dan efisiensi generator.

## 6. Analisa Perancangan PLTMh

Dalam analisa data ini, dilakukan analisa dari hasil perancangan PLTMh serta dari hasil perhitungan potensi daya yang dihasilkan. Data-data yang dihasilkan meliputi data topologi alam dari aliran sungai, data bangunan hidrolis digunakan, data komponen elektromekanik dan denah dari hasil perancangan.

## 7. Kesimpulan

Kesimpulan adalah tahapan akhir yang dilakukan setelah seluruh langkah sebelumnya sudah selesai dilakukan. Pada tahap ini,

pengambilan ringkasan dari hasil perancangan hingga analisa data. Pada tahap ini pula hasil penelitian ditunjukkan dikemudian hari yang dapat dijadikan referensi atau dikembangkan ke tahap lebih lanjut.

### 3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berlokasi di sungai curug Cilutung. Tepatnya ada di Desa Talagakulon, Blok Ciranca, Kecamatan Talaga, Kabupaten Majalengka. Lokasi ini berada pada titik koordinat  $6^{\circ}59'38''\text{S}$  dan  $108^{\circ}17'50''\text{E}$ . Lokasi tersebut dapat dilihat pada gambar 3.2 dan gambar tersebut diakses menggunakan *Google Earth*.



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian  
(Sumber: *Google Earth*)

### 3.3 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini membahas mengenai potensi dari perancangan PLTMh di Desa Talagakulon, sungai curug Cilutung. Penulis melakukan pengumpulan data menggunakan beberapa metode sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur adalah metode pengumpulan data dengan pencarian literatur terkait dengan penelitian yang dibuat. Sumber-sumber literatur yang digunakan didapatkan dari buku, jurnal ataupun hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

2. Pengamatan Lapangan

Pengamatan lapangan adalah metode pengumpulan data dengan pengambilan secara langsung ke lokasi PLMTh yang akan dirancang.

Pengambilan data secara langsung dilakukan dengan mengukur beberapa bagian yang sudah tersedia dan terpasang di lapangan.

### 3. Diskusi

Diskusi adalah metode pengumpulan data dari hasil diskusi dan konsultasi secara langsung maupun secara daring melalui aplikasi *whatsApp*. Diskusi dan konsultasi dilakukan dengan beberapa pihak seperti dosen pembimbing 1 dan 2, dengan masyarakat sekitar, dan dengan teman-teman yang dapat diajak untuk bertukar pikiran.

### 3.4 Data Penunjang Penelitian

Pengamatan dan observasi dilakukan secara langsung ke lapangan guna menunjang data pada penelitian ini. Data-data lapangan tersebut diambil dari satu tempat di curug Cilutung, Desa Talagakulon, Blok Ciranca, Kecamatan Talaga, Kabupaten Majalengka, Jawa Barat.

Aliran air sungai curug Cilutung, Desa Talagakulon, Blok Ciranca, Kecamatan Talaga, Kabupaten Majalengka menjadi sungai yang tidak hanya dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik tenaga mikrohidro oleh masyarakat setempat, namun sungai curug Cilutung juga dimanfaatkan sebagai sumber air irigasi untuk area sawah karena sebagian besar daerahnya adalah pesawahan. Selain untuk saluran irigasi, sungai curug Cilutung juga dijadikan sumber air sehari-hari oleh masyarakat setempat juga terdapat air terjun pada sungai curug Cilutung yang dijadikan objek wisata oleh masyarakat setempat.

Data-data yang didapatkan dari hasil pengamatan dan observasi di curug Cilutung, Desa Talagakulon, Blok Ciranca, Kecamatan Talaga, Kabupaten Majalengka, Jawa Barat terkait ukuran lebar sungai curug Cilutung, kedalaman sungai curug Cilutung serta kecepatan air sungai curug Cilutung. Untuk pengukuran lebar sungai dilakukan dengan cara menggunakan tali antara sisi satu dengan sisi lainnya. Untuk kedalaman dilakukan dengan cara mengukur menggunakan tali dan pemberat di 4 titik berbeda pada sungai dan untuk pengukuran kecepatan aliran sungai dilakukan dengan cara menggunakan metode apung dimana pelampung diikatkan pada tali sepanjang 10 m lalu dihanyutkan pada aliran air dan dilakukan percobaan sebanyak 10 kali.

### 3.4.1 Data Ukuran Lebar Sungai

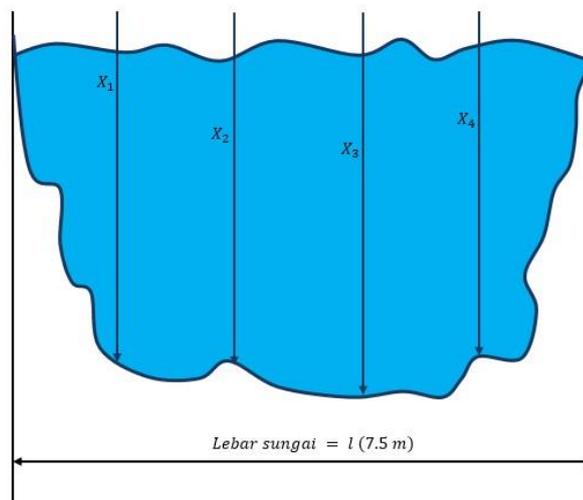
Berdasarkan dari hasil observasi serta pengukuran, untuk data ukuran sungai diukur dengan menggunakan tali dari sisi satu ke sisi lainnya. Didapatkan lebar sungai terukur adalah  $l = 753 \text{ cm}$  atau  $7.53 \text{ m} \approx 7.5 \text{ m}$ . Untuk pengukuran lebar sungai diperlihatkan oleh gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3.3 Pengukuran Lebar Sungai Curug Cilutung  
(Sumber: Observasi Lapangan)

### 3.4.2 Data Ukuran Kedalaman Sungai

Berdasarkan hasil pengukuran sungai dengan 4 titik berbeda, didapatkan hasil pengukuran kedalaman sungai  $X_1 = 269 \text{ cm}$  atau  $2.69 \text{ m}$ ,  $X_2 = 297 \text{ cm}$  atau  $2.97 \text{ m}$ ,  $X_3 = 291 \text{ cm}$  atau  $2.91 \text{ m}$  dan  $X_4 = 283 \text{ cm}$  atau  $2.83 \text{ m}$ . Dalam penggambarannya, ditunjukkan pada gambar 3.4 sebagai berikut:



Gambar 3.4 Pengukuran Kedalaman Sungai  
(Sumber: Sukamta, 2013)

### 3.4.3 Data Kecepatan Aliran Sungai

Berdasarkan hasil observasi dan pengukuran, untuk mendapatkan kecepatan aliran sungai menggunakan uji coba dengan metode apung dengan tali berukuran panjang 10 m dengan diikatkan pada sebuah pelampung dengan 10 kali percobaan. Dari hasil uji coba didapatkan hasil yang ditulis pada tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1  
*Data Kecepatan Sungai*

Percobaan	Jarak = s (m)	Waktu tempuh = t (s)	Kecepatan = v (m/s)
1	10	62	0.161290323
2	10	50.5	0.198019802
3	10	54.2	0.184501845
4	10	63.8	0.156739812
5	10	57.4	0.174216028
6	10	52.6	0.190114068
7	10	48.62	0.205676676
8	10	61.04	0.163826999
9	10	61.6	0.162337662
10	10	56.5	0.17699115

Dari hasil percobaan pada aliran sungai pada tabel 3.1, didapatkan data kecepatan yang berbeda sesuai dengan waktu tempuh yang berbeda pula dari setiap percobaan.

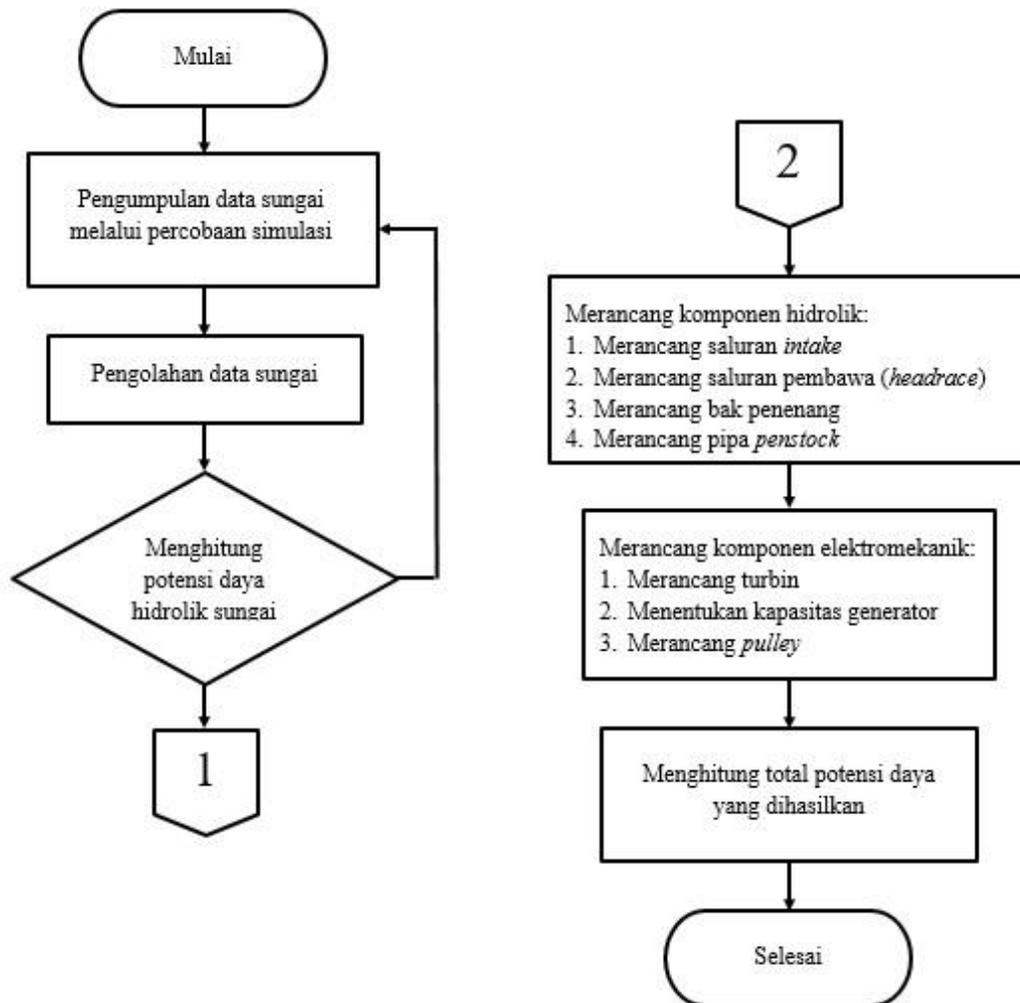
### 3.5 Perangkat Penunjang Penelitian

Dalam penelitian skripsi ini penulis menggunakan alat bantu laptop dengan aplikasi *windows 10* dengan *processor* AMD E1-6010 APU 1.4 GHz dengan RAM 4GB dan *operating sysrem* 64 bit. Dalam penelitian ini penulis menggunakan *software Microsoft Excel* dan *Microsoft Word* sebagai aplikasi yang digunakan.. *Microsoft Excel* digunakan untuk menghitung berbagai rumus dari berbagai literatur jurnal dan buku dalam perancangan bagian hidrolis maupun bagian elektromekanik. *Microsoft Word* digunakan untuk menulis penelitian ini serta menulis berbagai data sementara yang digunakan dalam penelitian. Selain dua aplikasi berikut, digunakan juga aplikasi *Google Earth* yang digunakan untuk

menentukan titik lokasi penelitian dan *Microsoft Visio* untuk membuat gambar perancangan.

### 3.6 Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian yang dibuat yaitu menggunakan pengolahan data secara deskriptif kuantitatif dengan data kuantitatif yang diolah menggunakan teknik matematik dan statistik. Dikarenakan pada dasarnya interpretasi data pada penelitian ini tidak hanya menjelaskan semua hal yang ada dikawasan penelitian dan hubungan antar apa saja yang terjadi dikawasan penelitian. Berikut merupakan alur perhitungan matematik pada perancangan pembangkit listrik Cilutung Talagakulon sampai potensi daya yang dapat dihasilkan pembangkit listrik tenaga mikrohidro dijelaskan pada gambar 3.5 sebagai berikut:



Gambar 3.5 Diagram Metode Penelitian

Pada diagram metode penelitian, dilakukan terlebih dahulu pengumpulan data observasi lapangan di sungai curug Cilutung berupa lebar sungai, kedalaman sungai dan kecepatan sungai. Setelah didapatkan beberapa data, data tersebut diolah sehingga menghasilkan data debit air yang dimana nilai debit air menjadi *input* untuk menghitung potensi daya hidrolik sungai, apakah sungai tersebut berpotensi dibangun pembangkit listrik tenaga mikrohidro atau tidak. Setelah didapatkan nilai potensi daya hidrolik dan didapatkan hasil bahwa sungai curug Cilutung berpotensi, dilanjutkan dengan merancang bangunan hidrolik dan komponen elektromekanik, jika tidak berpotensi dilakukan kembali pengambilan data menggunakan metode percobaan simulasi. Untuk bangunan hidrolik perancangannya meliputi saluran *intake*, saluran pembawa, bak penenang dan pipa *penstock*. Setelah didapatkan rancangan bangunan hidrolik dilanjutkan dengan merancang dan menentukan komponen elektromekanik diantaranya perancangan turbin, penentuan generator dan perancangan *pulley*. Setelah itu dilanjutkan dengan menghitung total potensi daya yang dapat dibangkitkan.

### 3.7 Analisis Data

#### 3.7.1 Pengukuran Kedalaman Sungai

Dari data yang didapatkan dari hasil percobaan di lapangan dengan mengukur kedalaman sungai di 4 titik yang berbeda, didapatkan ukuran kedalaman sungai  $X_1 = 269 \text{ cm}$  atau  $2.69 \text{ m}$ ,  $X_2 = 297 \text{ cm}$  atau  $2.97 \text{ m}$ ,  $X_3 = 291 \text{ cm}$  atau  $2.91 \text{ m}$  dan  $X_4 = 283 \text{ cm}$  atau  $2.83 \text{ m}$ . Dengan menggunakan persamaan 2.8 didapatkan nilai rata-rata kedalaman sungai adalah:

$$X_{rata} = \frac{\sum X}{n} \quad (2.1)$$

$$X_{rata} = \frac{269 + 297 + 291 + 283}{4}$$

$$X_{rata} = 285 \text{ cm} \sim 2.85 \text{ m}$$

Tabel 3.2  
*Hasil Pengukuran Kedalaman Sungai*

Titik percobaan	Kedalaman (m)
$X_1$	2.69

Titik percobaan	Kedalaman (m)
$X_2$	2.97
$X_3$	2.91
$X_4$	2.83
Rata-rata ( $X_{rata}$ )	2.85

Dari hasil perhitungan ditunjukkan oleh tabel 3.2 dimana didapatkan nilai rata-rata ( $X_{rata}$ ) kedalaman sungai adalah 2.85 m.

### 3.7.2 Pengukuran Luas Penampang Sungai

Dari hasil data yang telah didapatkan, nilai lebar terukur adalah  $l = 7.5$  m dengan didapatkan kedalaman sungai adalah 2.85. Sehingga, dapat diperoleh nilai luas penampang sungai dengan menggunakan persamaan 2.9 adalah:

$$A = X_{rata} \times l \quad (2.2)$$

$$A = 2.85 \times 7.5$$

$$A = 21.375 \text{ m}^2$$

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan ukuran dari luas penampang sungai adalah sebesar  $21.375 \text{ m}^2$ .

### 3.7.3 Perhitungan Rata-Rata Waktu Tempuh Aliran Sungai

Dari hasil data pengukuran kecepatan sungai menggunakan 10 kali percobaan apung dengan jarak 10 m. Didapatkan hasil waktu tempuh dari percobaan ditunjukkan pada tabel 3.3 sebagai berikut:

Tabel 3.3  
*Pengukuran Rata-Rata Waktu Tempuh*

Percobaan	Jarak = s (m)	Waktu tempuh = t (s)
1	10	62
2	10	50.5
3	10	54.2
4	10	63.8
5	10	57.4
6	10	52.6

Percobaan	Jarak = s (m)	Waktu tempuh = t (s)
7	10	48.62
8	10	61.04
9	10	61.6
10	10	56.5
Rata-rata	10	56.826

Dari hasil tabel 3.3 dengan menggunakan persamaan 2.10 didapatkan hasil rata-rata waktu tempuh adalah sebagai berikut:

$$t_{rata} = \frac{\sum t}{n} \quad (2.3)$$

$$t_{rata} = \frac{568.26}{10}$$

$$t_{rata} = 56.826 \text{ detik}$$

Maka dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai rata-rata waktu tempuh aliran sungai ( $t_{rata}$ ) adalah 56.826 *detik*. Dengan waktu tempuh tercepat adalah 48.62 detik dan waktu tempuh terlambat adalah 62 detik.

### 3.7.4 Perhitungan Rata-Rata Kecepatan Aliran Sungai

Berdasarkan data yang telah didapatkan pada tabel 3.1 dengan menggunakan persamaan 2.11 dapat ditentukan nilai rata-rata kecepatan aliran sungai sebagai berikut:

$$v = \frac{s}{t_{rata}} \quad (2.4)$$

$$v = \frac{10}{56.826}$$

$$v = 0.177371437 \text{ m/s} \sim 0.177 \text{ m/s}$$

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan rata-rata kecepatan sungai adalah 0.177371437 *m/s* atau jika dibulatkan menjadi 0.177 *m/s*. Dengan nilai terkecil adalah 0.161290323 *m/s* dan terbesar adalah 0.205676676 *m/s*.

### 3.7.5 Perhitungan Debit Air Sungai Curug Cilutung

Untuk pengukuran debit air, bisa menggunakan alat ukur jenis *digital current meter* bisa juga dengan menggunakan metode apung dengan perhitungan matematis. Untuk pengukuran debit air pada penelitian ini, menggunakan metode apung dengan perhitungan matematis yang sudah dijelaskan sebelumnya.

Hasil perhitungan sebelumnya didapatkan data kecepatan rata-rata sungai  $0.177 \text{ m/s}$  dan luas penampang sungai  $21.375 \text{ m}^2$ , maka untuk perhitungan debit air bisa diketahui dengan menggunakan persamaan 2.12 yang diformulasikan sebagai berikut:

$$Q = A \times v \quad (2.5)$$

Debit air terbesar:

$$Q = 21.375 \times 0.205676676$$

$$Q = 4.396338955 \text{ m}^3/\text{s}$$

Debit air terkecil:

$$Q = 21.375 \times 0.156739812$$

$$Q = 3.35031348 \text{ m}^3/\text{s}$$

Debit air rata-rata:

$$Q = 21.375 \times 0.177371437$$

$$Q = 3.79131445 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel 3.4  
*Data Perhitungan Debit Air*

Percobaan	Luas Penampang = $A \text{ (m}^2\text{)}$	Waktu tempuh $t \text{ (s)}$	Kecepatan $v$ $= \text{ (m/s)}$	Debit air = $Q$ $\text{(m}^3/\text{s)}$
1	21.375	62	0.161290323	3.447580645
2	21.375	50.5	0.198019802	4.232673267
3	21.375	54.2	0.184501845	3.943726937
4	21.375	63.8	0.156739812	3.35031348
5	21.375	57.4	0.174216028	3.723867596
6	21.375	52.6	0.190114068	4.063688213
7	21.375	48.62	0.205676676	4.396338955

Percobaan	Luas Penampang = $A (m^2)$	Waktu tempuh $t = (s)$	Kecepatan $v$ $= (m/s)$	Debit air = $Q$ $(m^3/s)$
8	21.375	61.04	0.163826999	3.501802097
9	21.375	61.6	0.162337662	3.469967532
10	21.375	56.5	0.17699115	3.783185841
Rata-rata	21.375	56.826	0.177371437	3.791314456

Berdasarkan tabel 3.4 dengan 10 kali percobaan metode apung, diperoleh data debit air ( $Q$ ) rata-rata adalah sebesar  $3.79131445 m^3/s$  atau apabila dibulatkan menjadi  $3.79 m^3/s$ . Dengan debit air terbesar adalah  $4.39 m^3/s$  dan debit air terkecil adalah  $3.35 m^3/s$ . Dimana itu dipengaruhi dari data *input* waktu tempuh dengan jarak 10 m.

### 3.7.6 Perhitungan Potensi Daya Hidrolik Sungai

Potensi daya hidrolik merupakan potensi energi yang dihasilkan dari tekanan air yang disebabkan oleh gravitasi bumi (Ratnata et al., 2013). Potensi hidrolik yang ada merupakan bentuk energi potensial yang dimana potensi hidrolik ini dipengaruhi oleh debit air ( $Q$ ) dan tinggi jatuh air (*head*). Untuk tinggi jatuh air (*head*) dalam penelitian ini adalah 9.3 m. Dalam formulasi untuk menentukan potensi hidrolik, ketahuilah menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut:

$$P_h = \rho \times g \times Q \times h \quad (2.6)$$

Potensi hidrolik terkecil:

$$P_h = 1000 \times 9.8 \times 3.35031348 \times 9.3$$

$$P_h = 305347.5706W$$

Potensi hidrolik terbesar:

$$P_h = 1000 \times 9.8 \times 4.396338955 \times 9.3$$

$$P_h = 400682.3324W$$

Potensi hidrolik rata-rata:

$$P_h = 1000 \times 9.8 \times 3.791314456 \times 9.3$$

$$P_h = 345540.3995 W$$

Tabel 3.5  
*Potensi Hidrolik Sungai Curug Cilutung*

Percobaan	Head = h (m)	Debit air = Q (m <sup>3</sup> /s)	Potensi Hidrolik = P <sub>h</sub> (Watt)
1	9.8 m	3.447580645	314212.5
2	9.8 m	4.232673267	385765.8416
3	9.8 m	3.943726937	359431.273
4	9.8 m	3.35031348	305347.5706
5	9.8 m	3.723867596	339393.2927
6	9.8 m	4.063688213	370364.5437
7	9.8 m	4.396338955	400682.3324
8	9.8 m	3.501802097	319154.2431
9	9.8 m	3.469967532	316252.8409
10	9.8 m	3.783185841	344799.5575
Rata-rata	9.8 m	3.791314456	345540.3995

Berdasarkan tabel 3.5 maka diperoleh untuk potensi hidrolik terhitung nilai potensi hidrolik terkecil adalah 305347.5706 Watt atau jika dikenakan menjadi 305.35 kW, nilai potensi hidrolik terbesar adalah 400682.3324 Watt atau jika dikenakan menjadi 400.68 kW. Jika dirata-ratakan maka diperoleh potensi daya hidrolik sungai curug Cilutung terhitung adalah sekitar 345540.3995 Watt atau jika dikenakan menjadi 345.54 kW.

### 3.7.7 Perhitungan Debit Air Sungai Yang Dimanfaatkan

Berdasarkan dari observasi lapangan bahwasannya potensi sungai yang dimanfaatkan untuk perancangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro hanya 20%. Dikarenakan fungsional sungai dimanfaatkan untuk kepentingan lain oleh warga setempat. Dimana untuk mengetahui nilai debit yang mampu dimanfaatkan menggunakan persamaan:

$$Q_2 = 20\% \times Q$$

Debit terbesar:

$$Q_2 = 20\% \times 3.35031348$$

$$Q_2 = 0.879267791 \text{ W}$$

Debit terkecil:

$$Q_2 = 20\% \times 3.447580645$$

$$Q_2 = 0.670062696 \text{ W}$$

Debit rata-rata:

$$Q_2 = 20\% \times 3.791314456$$

$$Q_2 = 0.758262891 \text{ W}$$

Dapat dilihat pada dilihat pada tabel 3.6 untuk nilai debit air yang mampu digunakan dalam 10 kali percobaan sebagai berikut:

Tabel 3.6  
*Debit Air Sungai Dimanfaatkan*

Percobaan	Debit air sungai = $Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	Pemanfaatan sungai	Debit air dimanfaatkan $= Q_2 \text{ (m}^3/\text{s)}$
1	3.447580645	20%	0.689516129
2	4.232673267	20%	0.846534653
3	3.943726937	20%	0.788745387
4	3.35031348	20%	0.670062696
5	3.723867596	20%	0.744773519
6	4.063688213	20%	0.812737643
7	4.396338955	20%	0.879267791
8	3.501802097	20%	0.700360419
9	3.469967532	20%	0.693993506
10	3.783185841	20%	0.756637168
Rata-rata	3.791314456	20%	0.758262891

Berdasarkan tabel 3.6 didapatkan nilai debit air  $Q_2$  yang dimanfaatkan terbesar adalah  $0.879267791 \text{ m}^3/\text{s}$  atau jika dibulatkan menjadi  $0.88 \text{ m}^3/\text{s}$ , nilai debit air  $Q_2$  terkecil adalah  $0.670062696 \text{ m}^3/\text{s}$  atau jika dibulatkan menjadi  $0.67 \text{ m}^3/\text{s}$  dan rata-rata nilai debit air  $Q_2$  adalah  $0.758262891 \text{ m}^3/\text{s}$  atau jika dibulatkan menjadi  $0.76 \text{ m}^3/\text{s}$ . Maka debit air  $Q_2$  menjadi debit andalan dalam perancangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro untuk memutarakan turbin.

### 3.7.8 Perancangan Saluran *Intake*

Berlandaskan dari hasil observasi lapangan, didapatkan ukuran panjang sungai adalah 7.5 m dengan kedalaman sungai adalah 2.85 m maka diperoleh luas permukaannya adalah  $21.375 \text{ m}^2$ . Dengan menggunakan formulasi matematis yang diperoleh dari studi literatur adalah 20% dari ukuran sungai. Maka, dengan ukuran luas penampang sungai  $21.375 \text{ m}^2$ , diperoleh hasil ukuran saluran *intake* menggunakan persamaan 2.13 sebagai berikut:

$$\text{Intake} = 20\% \times D_{th} \times l \quad (2.7)$$

$$\text{Intake} = 20\% \times 2.85 \times 7.5$$

$$\text{Intake} = 4.275 \text{ m}^2$$

Untuk luas saluran *intake*, digunakan persamaan yang disubsitusi dari persamaan matematis sebelumnya.

$$l_{\text{intake}} = \frac{\text{Intake}}{D_{th}}$$

$$l_{\text{intake}} = \frac{4.275}{2.85}$$

$$l_{\text{intake}} = 1.5 \text{ m}$$

Untuk luas saluran *intake* didapatkan nilai  $4.275 \text{ m}^2$ , untuk kedalaman saluran *intake* disamakan dengan kedalaman sungai sebesar  $2.85 \text{ m}$  dan untuk lebar saluran *intake* sebesar  $1.5 \text{ m}$ .

### 3.7.9 Perancangan Saluran Pembawa (*Headrace*)

Perancangan saluran pembawa meliputi debit air maksimal yang mampu dialirkan serta kecepatan aliran air. Perancangan saluran pembawa (*headrace*) pada penelitian ini, untuk ukuran lebar dan kedalaman saluran pembawa disamakan dengan ukuran lebar dan kedalaman saluran *intake* yaitu untuk lebar sebesar  $1.5 \text{ m}$  dan kedalaman sebesar  $2.85 \text{ m}$ . Untuk menentukan kecepatan kritis air pada saluran pembawa adalah menggunakan persamaan 2.14 berikut:

$$Q_2 = A_{(\text{intake})} \times v \quad (2.8)$$

Kecepatan minimum:

$$v = \frac{0.670062696}{4.275}$$

$$v = 0.156739812 \text{ m/s}$$

Kecepatan maksimum:

$$v = \frac{0.879267791}{4.275}$$

$$v = 0.205676676 \text{ m/s}$$

Kecepatan rata-rata:

$$v = \frac{0.758262891}{4.275}$$

$$v = 0.177371437 \text{ m/s}$$

Tabel 3.7  
Kecepatan Aliran Saluran Pembawa (*Headrace*)

Percobaan	Debit air dimanfaatkan = $Q_2$ ( $m^3/s$ )	Luas Permukaan = A ( $m^2$ )	Kecepatan aliran = $v$ ( $m/s$ )
1	0.689516129	4.275	0.161290323
2	0.846534653	4.275	0.198019802
3	0.788745387	4.275	0.184501845
4	0.670062696	4.275	0.156739812
5	0.744773519	4.275	0.174216028
6	0.812737643	4.275	0.190114069
7	0.879267791	4.275	0.205676676
8	0.700360419	4.275	0.163826999
9	0.693993506	4.275	0.162337662
10	0.756637168	4.275	0.17699115
Rata-rata	0.758262891	4.275	0.177371437
Nilai min	0.670062696	4.275	0.156739812
Nilai max	0.879267791	4.275	0.205676676

Berdasarkan persamaan 2.14, didapatkan hasil perhitungan kecepatan saluran pembawa (*headrace*) pada tabel 3.7 yang menunjukkan nilai kecepatan

minimum aliran air pada saluran pembawa (*headrace*) adalah 0.16 m/s dan kecepatan maksimum aliran air pada saluran pembawa (*headrace*) adalah 0.2 m/s.

### 3.7.10 Perancangan Bak Penenang

Perancangan bak penenang dalam penelitian ini meliputi perancangan panjang bak penenang, lebar bak penenang serta kedalaman bak penenang. Dalam perancangan bak penenang untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro, nilai rata-rata debit air  $Q_2$  menjadi data yang dibutuhkan sebagai data *input* perancangan. Nilai  $Q_2$  dari hasil formulasi matematis adalah  $0.76 \text{ m}^3/\text{s}$ . Untuk memperoleh ukuran panjang bak penenang menggunakan persamaan 2.15 sebagai berikut:

$$L \geq \sqrt{\frac{Q_2}{U \times 0.125}} \quad (2.9)$$

$$L \geq \sqrt{\frac{0.76}{0.1 \times 0.125}}$$

$$L \geq 7.79 \text{ m}$$

Untuk memperoleh ukuran lebar bak penenang menggunakan persamaan 2.16 sebagai berikut:

$$l \sim \frac{1}{8} L \quad (2.10)$$

$$l \sim \frac{1}{8} (7.79)$$

$$l \sim 0.97 \text{ m}$$

Untuk memperoleh ukuran kedalaman bak penenang menggunakan persamaan 2.17 sebagai berikut:

$$D_{th} \sim \frac{L \times U}{V} \quad (2.11)$$

$$D_{th} \sim \frac{7.79 \times 0.1}{0.3}$$

$$D_{th} \sim 2.59 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan 2.14, 2.15 dan 2.16 diperoleh ukuran bak penenang dengan panjang bak penenang adalah 7.79 m, lebar bak penenang adalah 0.97 m dan kedalaman bak penenang adalah 2.59 m.

### 3.7.11 Perancangan Pipa *Penstock*

Dalam perancangan pipa *penstock* membutuhkan data *input* debit air. Ukuran pipa *penstock* yang dirancang meliputi perhitungan perancangan diameter pipa *penstock* dan perhitungan perancangan ketebalan pipa *penstock*. Besar dari diameter dan ketebalan pipa *penstock* dipengaruhi pada debit air yang masuk serta panjang dari pipa *penstock* dan tinggi jatuh air pipa *penstock*. Namun dalam perancangan ketebalan pipa *penstock* dibutuhkan nilai tekanan dalam pipa *penstock* (tekanan *hidrostatik*). Untuk menentukan nilai tekanan dalam pipa *penstock* (tekanan *hidrostatik*) didapatkan dengan memperhatikan nilai massa jenis air, gravitasi dan *head*. Tinggi jatuh air pipa *penstock* yang didapatkan dari data lapangan adalah 9.3 m dengan panjang pipa *penstock* yang direncanakan adalah 17 m. Untuk menentukan tekanan dalam pipa *penstock*, menggunakan persamaan 2.20 sebagai berikut:

$$P = 1.1 \times \rho \times g \times h \quad (2.12)$$

$$P = 1.1 \times 1000 \times 9.8 \times 9.3$$

$$P = 100254 \text{ Pa}$$

$$P = 1.00254 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk menentukan diameter pipa *penstock* menggunakan persamaan 2.18 sebagai berikut:

$$d = 0.72 \times Q_2^{0.5} \quad (2.13)$$

$$d = 0.72 \times 0.76^{0.5}$$

$$d = 0.627 \text{ m} \sim 0.6 \text{ m}$$

Untuk menentukan ketebalan pipa *penstock* menggunakan persamaan 2.19 sebagai berikut:

$$t_0 \geq \frac{P \times d}{2 \times \theta_a \times \eta} + \delta_t \quad (2.14)$$

$$t_0 \geq \frac{1.002 \times 60}{2 \times 1300 \times 0.9} + 0.15$$

$$t_0 \geq 0.1756 \text{ cm} \sim 1 \text{ cm}$$

Dari hasil perhitungan diatas, maka didapatkan ukuran dari perancangan penstock meliputi diameter pipa *penstock* adalah 0.6 m atau 60 cm dan ketebalan pipa *penstock* adalah 0.01 m atau 1 cm.

### 3.7.12 Perancangan Turbin

Jenis turbin yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis turbin *crossflow* dengan menggunakan *input* debit air rata-rata  $0.76\text{m}^3/\text{s}$  dikonversikan menjadi  $26.83\text{ cf/s}$ , tinggi jatuh air 9.3 m dikonversikan menjadi 30,51 ft, gravitasi  $9.8\text{ m/s}^2$  menjadi  $32.15\text{ ft/s}^2$  dan panjang diameter turbin nantinya akan dikonversikan juga menjadi satuan inch. Untuk menentukan panjang turbin, menggunakan persamaan 2.22 sebagai berikut:

$$L = \frac{144 \times Q_2}{C \times K \times D \times \sqrt{2 \times g \times h}} \quad (2.15)$$

$$L = \frac{144 \times 26.83}{0.98 \times 0.875 \times 11.81 \times \sqrt{2 \times 32.15 \times 30.51}}$$

$$L = 8.61\text{ inch} \sim 0.22\text{ m}$$

Untuk menentukan diameter *shaft* pada turbin menggunakan persamaan 2.23 sebagai berikut:

$$D_s = 0,22 \times D \quad (2.16)$$

$$D_s = 0,22 \times 11.81$$

$$D_s = 2.59\text{ inch} \sim 0.065\text{ m}$$

Untuk menentukan diameter *pitch* pada turbin menggunakan persamaan 2.24 sebagai berikut:

$$D_p = 0,753 \times D \quad (2.17)$$

$$D_p = 0,753 \times 11.81$$

$$D_p = 8.89\text{ inch} \sim 0.22\text{ m}$$

Untuk menentukan kecepatan putar turbin menggunakan persamaan 2.25 sebagai berikut:

$$N = \frac{862}{D} \times \sqrt{h} \quad (2.18)$$

$$N = \frac{862}{11.81} \times \sqrt{30.51}$$

$$N = 402.8 \text{ rpm} \sim 405 \text{ rpm}$$

Untuk menentukan jarak antara pisau turbin menggunakan persamaan 2.26 sebagai berikut:

$$S = k \times D \quad (2.19)$$

$$S = 0.087 \times 11.81$$

$$S = 1.030 \text{ inch} \sim 0.026 \text{ m}$$

Untuk menentukan ketebalan pisau turbin menggunakan persamaan 2.27 sebagai berikut:

$$t = \frac{S}{\sin \beta} \quad (2.20)$$

$$t = \frac{1.030}{0.5}$$

$$t = 2.06 \text{ inch} \sim 0.052 \text{ m}$$

Untuk menentukan jumlah pisau turbin menggunakan persamaan 2.28 sebagai berikut:

$$n = \frac{\pi \times D}{t} \quad (2.21)$$

$$n = \frac{3.14 \times 11.81}{2.06}$$

$$n = 18.0016 \sim 18 \text{ bilah}$$

Dari hasil perhitungan menggunakan beberapa persamaan diatas, didapatkan ukuran panjang turbin  $2.59 \text{ inch} \sim 0.065 \text{ m}$ , ukuran diameter *pitch circle* turbin  $8.89 \text{ inch} \sim 0.22 \text{ m}$ , putaran turbin  $402.8 \text{ rpm} \sim 405 \text{ rpm}$ , ketebalan pisau turbin  $1.030 \text{ inch} \sim 0.026 \text{ m}$ , jarak antar pisau turbin  $2.06 \text{ inch} \sim 0.052 \text{ m}$  dan jumlah pisau turbin  $18.0016 \sim 18 \text{ bilah}$ .

### 3.7.13 Menentukan Generator

Untuk generator yang akan digunakan adalah generator sinkron 3 fasa dengan memiliki nilai *voltage start connection* 220/380 V, dengan nilai frekuensi 50 Hz, nilai kecepatan putaran generator yang digunakan adalah 1500 rpm. Dalam menentukan generator, perlu diketahui nilai potensi daya yang dibangkitkan setelah

melewati bangunan hidrolis. Untuk menentukan potensi daya menggunakan persamaan 2.3 sebagai berikut:

$$P_w = \rho \times g \times Q_2 \times h \quad (2.22)$$

Potensi daya terbesar:

$$P_w = 1000 \times 9.8 \times 0.879267791 \times 9.3$$

$$P_w = 63830.84859 \text{ W}$$

Potensi daya terkecil:

$$P_w = 1000 \times 9.8 \times 0.670062696 \times 9.3$$

$$P_w = 80136.46647 \text{ W}$$

Potensi daya rata-rata:

$$P_w = 1000 \times 9.8 \times 0.758397047 \times 9.3$$

$$P_w = 69120.30683 \text{ W}$$

Tabel 3.8  
*Potensi Daya Yang Dibangkitkan*

Percobaan	Debit $Q_2$ ( $m^3/s$ )	Potensi daya yang dibangkitkan = $P_w$ (Watt)
1	0.689516129	62842.5
2	0.846534653	77153.16827
3	0.788745387	71886.25457
4	0.670062696	61069.51411
5	0.744773519	67878.65852
6	0.812737643	74072.90878
7	0.879267791	80136.46647
8	0.700360419	63830.84859
9	0.693993506	63250.56814
10	0.757978723	69082.18081
Rata-rata	0.758397047	69120.30683

Dari data tabel 3.8 didapatkan nilai potensi daya terbesar adalah 80.13 kW, potensi daya terkecil adalah 61.06 kW dan rata-rata potensi daya adalah 69.12 kW.

Untuk menentukan potensi daya yang sudah melewati turbin dengan nilai efisiensi turbin 86% menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut:

$$P_T = P_w \times eff_T \quad (2.23)$$

Potensi daya terbesar:

$$P_T = 80136.46647 \times 86\%$$

$$P_T = 68917.36117 \text{ W}$$

Potensi daya terkecil:

$$P_T = 61069.51411 \times 86\%$$

$$P_T = 52519.78214 \text{ W}$$

Potensi daya rata-rata:

$$P_T = 69120.30683 \times 86\%$$

$$P_T = 59443.46387 \text{ W}$$

Tabel 3.9  
*Potensi Daya Melewati Turbin*

Percobaan	Potensi daya yang dibangkitkan = $P_w$ (Watt)	Efisiensi turbin = $eff_T$	Potensi daya yang dibangkitkan = $P_T$ (Watt)
1	62842.5	86%	54044.55
2	77153.16827	86%	66351.72472
3	71886.25457	86%	61822.17893
4	61069.51411	86%	52519.78214
5	67878.65852	86%	58375.64633
6	74072.90878	86%	63702.70155
7	80136.46647	86%	68917.36117
8	63830.84859	86%	54894.52979
9	63250.56814	86%	54395.4886
10	69082.18081	86%	59410.6755
Rata-rata	69120.30683	86%	59443.46387

Dari data tabel 3.9 didapatkan nilai potensi daya terbesar adalah 68.91 kW, potensi daya terkecil adalah 52.51 kW dan rata-rata potensi daya adalah 59.44 kW. Untuk menentukan nilai total potensi daya setelah melewati transmisi dengan

efisiensi 98% dan melewati generator dengan efisiensi 90%, menggunakan persamaan 2.6 sebagai berikut:

$$P = P_w \times eff_T \times eff_{Tm} \times eff_G \quad (2.24)$$

Total potensi daya dibangkitkan terbesar:

$$P = 80136.46647 \times 86\% \times 98\% \times 90\%$$

$$P = 60785.1125 \text{ W}$$

Total potensi daya dibangkitkan terkecil:

$$P = 61069.51411 \times 86\% \times 98\% \times 90\%$$

$$P = 46322.4478 \text{ W}$$

Total potensi daya dibangkitkan rata-rata:

$$P = 69120.30683 \times 86\% \times 98\% \times 90\%$$

$$P = 52429.1351 \text{ W}$$

Tabel 3.10  
*Total Potensi Daya Terbangkit*

Percobaan	$P_w$ (Watt)	$eff_T$	$eff_{Tm}$	$eff_G$	P (Watt)
1	62842.5	86%	98%	90%	47667.2931
2	77153.16827	86%	98%	90%	58522.2212
3	71886.25457	86%	98%	90%	54527.1618
4	61069.51411	86%	98%	90%	46322.4478
5	67878.65852	86%	98%	90%	51487.3201
6	74072.90878	86%	98%	90%	56185.7828
7	80136.46647	86%	98%	90%	60785.1125
8	63830.84859	86%	98%	90%	48416.9753
9	63250.56814	86%	98%	90%	47976.8209
10	69082.18081	86%	98%	90%	52400.2158
Rata-rata	69120.30683	86%	98%	90%	52429.1351
Nilai min	61069.51411	86%	98%	90%	46322.4478
Nilai max	80136.46647	86%	98%	90%	60785.1125

Dari data tabel 3.10 didapatkan nilai potensi daya terbesar adalah 60.78 kW, potensi daya terkecil adalah 46.32 kW dan rata-rata potensi daya adalah 52.42 kW.

Untuk menentukan nilai kapasitas generator yang digunakan menggunakan persamaan 2.29:

$$Gen = \frac{P_{(terbesar)}}{eff_G} \quad (2.25)$$

$$Gen = \frac{60.78}{90\%}$$

$$Gen = 67.53 \text{ kW}$$

Dari hasil persamaan 2.28 didapatkan nilai kapasitas generator yang digunakan adalah sebesar 67.53 kW.

### 3.7.14 Perancangan *Pulley*

Menggunakan *input* data kecepatan putaran turbin 405 rpm, diameter turbin 30 cm dan kecepatan generator 1500 rpm, dilanjutkan dengan merancang *pulley* dengan perlu diketahui diameter generator. Untuk menentukan diameter generator yang akan dipasang *pulley* menggunakan persamaan 2.30 sebagai berikut:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_1}{D_2} \quad (2.26)$$

$$D_2 = \frac{\omega_1 \times D_1}{\omega_2}$$

$$D_2 = \frac{405 \times 30}{1500}$$

$$D_2 = 8.1 \text{ cm}$$

Dari hasil perhitungan menggunakan persamaan 2.30 didapatkan ukuran diameter *pulley* turbin adalah 30 cm dan ukuran diameter *pulley* generator adalah 8.1 cm.